

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-172105

(43)Date of publication of application : 26.06.1998

(51)Int.Cl.

G11B 5/09
G11B 5/09

(21)Application number : 08-328771

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 09.12.1996

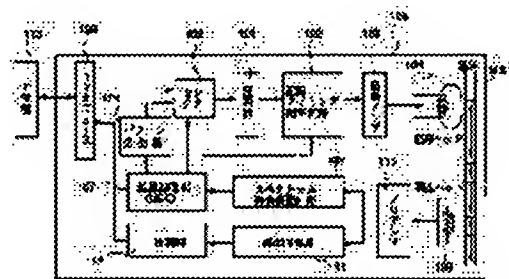
(72)Inventor : NISHIYAMA NOBUMASA
SUZUKI MIKIO
ISHIDA KAZUTO
TSUCHIYA REIJIROU

(54) MAGNETIC RECORDING AND REPRODUCING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To set a circuit constant by directly evaluating a non-linear magnetization inverting position shift (NLTS) by an actual magnetic recording/reproducing device.

SOLUTION: An evaluation pattern complying with a recording modulated code rule used for an actual magnetic recording/reproducing device 108 and having NLTS influence produced in a particular higher harmonic component is produced via a pattern generator 401, a selector 402 and modulator 101 for data modulation, and recorded in a medium 105 via a recording timing correcting circuit 102 and a recording head 104. The reproducing signal of the recorded evaluation pattern is evaluated by a spectrum evaluation function circuit 407, the particular higher harmonic component is measured and an NLTS quantity is detected. Then, a correction value suited to the NLTS quantity is set in the recording timing correcting circuit 102 and the influence of NLTS is suppressed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

07.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3522994

[Date of registration] 20.02.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-230709

(P2002-230709A)

(43)公開日 平成14年8月16日(2002.8.16)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード*(参考)
G 1 1 B 5/09	3 0 1	G 1 1 B 5/09	3 0 1 Z 5 C 0 6 1
5/02		5/02	D 5 D 0 3 1
5/455		5/455	D 5 D 0 9 1
H 0 4 N 17/06		H 0 4 N 17/06	

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 19 頁)

(21)出願番号 特願2001-310365(P2001-310365)
(22)出願日 平成13年10月5日(2001.10.5)
(31)優先権主張番号 特願2000-365874(P2000-365874)
(32)優先日 平成12年11月30日(2000.11.30)
(33)優先権主張国 日本(J P)

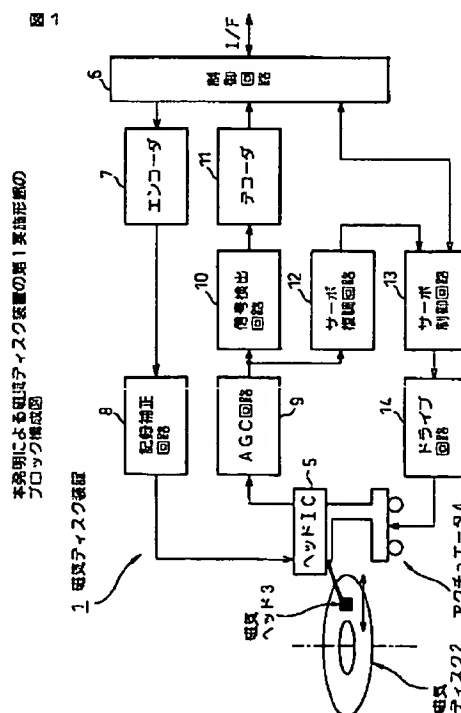
(71)出願人 000005223
富士通株式会社
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(72)発明者 上野 博秋
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
(74)代理人 100077517
弁理士 石田 敬 (外4名)
Fターム(参考) 5C061 CC07
5D031 AA01 AA04 AA05 AA08 DD11
HH13 HH15
5D091 BB10 DD03 FF04 FF05

(54)【発明の名称】 磁気記録再生における非線形性の測定方法、磁気記録再生装置および磁気記録再生用LSI

(57)【要約】

【課題】 MR型再生ヘッドを有する磁気記録再生における様々な種類の非線形性遷移シフト(NLTS)を精度よく測定する。

【解決手段】 ヘッドIC5、磁気ヘッド3を介して磁気ディスク(媒体)2に磁気記録された基準信号の再生信号を磁気ヘッド3により検出して第1の所定高調波成分を測定し、媒体2に磁気記録された複数種類の被測定信号の各々毎に、その再生信号から第2の所定高調波成分を測定し、第1の所定高調波成分と各々の被測定信号に対応する第2の所定高調波成分とから磁気記録再生における非線形遷移シフトNLTSを算出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 媒体に磁気記録された基準信号の再生信号から第1の所定高調波成分を測定し、

前記媒体に磁気記録された複数種類の被測定信号の各々毎に、その再生信号から第2の所定高調波成分を測定し、

前記第1の所定高調波成分と各々の被測定信号に対応する前記第2の所定高調波成分とから前記磁気記録再生における非線形遷移シフトNLTsを算出する、各ステップを備えたことを特徴とする媒体の磁気記録再生における非線形性の測定方法。

【請求項2】 前記所定高調波成分は第5高調波成分である、請求項1に記載の測定方法。

【請求項3】 媒体に磁気記録されるための基準信号を発生し、その再生信号から第1の所定高調波成分を測定し、前記媒体に磁気記録されるための前記基準信号に対応する被測定信号を発生し、その再生信号から第2の所定高調波成分を測定する磁気記録再生用LSIであって、

前記基準信号として、前記複数種類のビット列パターンに共通なビット列パターンおよび前記被測定信号をなす複数種類の所定のビット列パターンを発生させる回路を内蔵した、ことを特徴とする磁気記録再生用LSI。

【請求項4】 媒体に磁気記録されるための基準信号を発生し、その再生信号から第1の所定高調波成分を測定し、前記媒体に磁気記録されるための前記基準信号に対応する被測定信号を発生し、その再生信号から第2の所定高調波成分を測定する磁気記録再生用LSIであって、

前記基準信号及び一つの該基準信号に対応する複数の被測定信号の再生信号から所定高調波成分を測定する回路を内蔵した、ことを特徴とする磁気記録再生用LSI。

【請求項5】 媒体に磁気記録されるための基準信号を発生し、その再生信号から第1の所定高調波成分を測定し、前記媒体に磁気記録されるための前記基準信号に対応する被測定信号を発生し、その再生信号から第2の所定高調波成分を測定する磁気記録再生用LSIであって、

前記基準信号をなすビット列パターンおよび前記被測定信号をなす所定のビット列パターンを発生させる回路と、

前記媒体に記録された前記基準信号及び前記被測定信号の再生信号から所定高調波成分を測定する回路と、を内蔵したことを特徴とする磁気記録再生用LSI。

【請求項6】 磁化反転するビットを1で表記して、前記基準信号は、磁化反転位置が第0ビット目および第15ビット目にある1000000000000000 1000000000000000の30ビット列のパターンを繰り返す信号であり、前記第1パターンは、磁化反転位置が第0、1、2、6、7、9、12、15、16、17、21ビット目および第2

2ビット目にある111000110100100 1110001100000000の30ビット列のパターンである、請求項3または5に記載のLSI。

【請求項7】 磁化反転するビットを1で表記して、前記基準信号は、磁化反転位置が第0ビット目および第15ビット目にある1000000000000000 1000000000000000の30ビット列のパターンを繰り返す信号であり、前記第2パターンは、磁化反転位置が第0、2、8、15、17ビット目および第23ビット目にある101000001000000 0 1010000010000000の30ビット列のパターンである、請求項3または5に記載のLSI。

【請求項8】 磁化反転するビットを1で表記して、前記基準信号は、磁化反転位置が第0ビット目および第15ビット目にある1000000000000000 1000000000000000の30ビット列のパターンを繰り返す信号であり、前記第3パターンは、磁化反転位置が第0、2、4、6、8、12、14、16、18ビット目および第20ビット目にある101010101000101 0101010000000000の30ビット列のパターンである、請求項3または5に記載のLSI。

【請求項9】 前記基準信号または前記被測定信号によりデータが記録された前記媒体から読取られる該データの再生信号から第5高調波成分を測定する回路を内蔵した、請求項3に記載の磁気記録再生用LSI。

【請求項10】 前記第5高調波成分を測定する回路により測定される、前記基準信号によりデータが記録された前記媒体から読取られる該データの再生信号である第1の第5高調波成分V5refと前記被測定信号によりデータが記録された前記媒体から読取られる該データの再生信号である第2の第5高調波成分V5patとから比率Vab(=V5pat/V5ref)を算出する回路を内蔵した、請求項9に記載の磁気記録再生用LSI。

【請求項11】 前記第1の第5高調波成分V5refと前記第2の第5高調波成分V5patとから算出された前記比率Vab(=V5pat/V5ref)に基づき、前記磁気記録再生における非線形遷移シフトNLTsを算出する回路を内蔵した、請求項10に記載の磁気記録再生用LSI。

【請求項12】 前記第5高調波成分を測定する回路が、高速フーリエ変換回路を備える、請求項9乃至11の何れか一つに記載の磁気記録再生用LSI。

【請求項13】 請求項3乃至12の何れか一つに記載の磁気記録再生用LSIにおいて、前記第5高調波成分に基づいてライト補償回路を調整する回路を内蔵した、磁気記録再生用LSI。

【請求項14】 請求項3乃至13の何れか一つに記載の磁気記録再生用LSIを搭載した磁気記録再生装置。

【請求項15】 媒体に磁気記録されるための基準信号を発生し、その再生信号から第1の所定高調波成分を測定し、前記媒体に磁気記録されるための前記基準信号に

対応する被測定信号を発生し、その再生信号から第2の所定高調波成分を測定する磁気記録再生装置において、前記基準信号として、前記複数種類のビット列パターンに共通なビット列パターンおよび前記被測定信号をなす複数種類の所定のビット列パターンを発生させる手段と、を備えたことを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項16】 媒体に磁気記録されるための基準信号を発生し、その再生信号から第1の所定高調波成分を測定し、前記媒体に磁気記録されるための前記基準信号に対応する被測定信号を発生し、その再生信号から第2の所定高調波成分を測定する磁気記録再生装置において、前記基準信号及び一つの該基準信号に対応する被測定信号の再生信号から所定高調波成分を測定する手段を備えたことを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項17】 媒体に磁気記録されるための基準信号を発生し、その再生信号から第1の所定高調波成分を測定し、前記媒体に磁気記録されるための前記基準信号に対応する被測定信号を発生し、その再生信号から第2の所定高調波成分を測定する磁気記録再生装置において、前記基準信号をなすビット列パターンおよび前記被測定信号をなす所定のビット列パターンを発生させる手段と、

前記媒体に記録された前記基準信号及び前記被測定信号の再生信号から所定高調波成分を測定する手段と、を備えたことを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項18】 磁化反転するビットを1で表記して、前記基準信号は、磁化反転位置が第0ビット目および第15ビット目にある100000000000000 100000000000000の30ビット列のパターンを繰り返す信号であり、前記第1パターンは、磁化反転位置が第0、1、2、6、7、9、12、15、16、17、21ビット目および第22ビット目にある111000110100100 11100011000000の30ビット列のパターンである、請求項15または17に記載のLSI。

【請求項19】 磁化反転するビットを1で表記して、前記基準信号は、磁化反転位置が第0ビット目および第15ビット目にある100000000000000 100000000000000の30ビット列のパターンを繰り返す信号であり、前記第2パターンは、磁化反転位置が第0、2、8、15、17ビット目および第23ビット目にある10100000100000 101000001000000の30ビット列のパターンである、請求項15または17に記載のLSI。

【請求項20】 磁化反転するビットを1で表記して、前記基準信号は、磁化反転位置が第0ビット目および第15ビット目にある100000000000000 100000000000000 *

基準信号: NRZ表記: 11111111111111 00000000000000

NRZI表記: 10000000000000 10000000000000

ステップ2では、Dibitパターンを含む30Tのビット列パターンを繰り返す被測定信号によりデータを媒体上に記録し、その再生信号の5次成分V5patを測定する。N※50

*の30ビット列のパターンを繰り返す信号であり、前記第3パターンは、磁化反転位置が第0、2、4、6、8、12、14、16、18ビット目および第20ビット目にある101010101000101 010101000000000の30ビット列のパターンである、請求項15または17に記載のLSI。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は非線形性の測定方法に関し、特に、磁気テープ、磁気カード、フレキシブルディスク、磁気ディスク、光磁気ディスクおよび磁気ドラム等の記録媒体にデジタルデータを磁化極性の変化として記録し再生する、磁気記録再生における非線形性の測定方法、磁気記録再生装置および磁気記録再生用LSIに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、磁気記録再生装置の高密度化、高速データ転送化に伴い、磁気ヘッド、記録媒体および記録再生伝送系で生じる非線形遷移シフト(NLTS: Non-Linear Transition Shift)を把握するためNLTSの測定が必須となってきている。このNLTSは、記録データがその直前または直後の記録データの影響を受けないように、遷移シフト(TS)を考慮して、記録媒体を磁気記録し記録データを正確に再生するために必要なデータである。

【0003】従来技術によるNLTS測定方法として、1994年、IEEE Transactions on Magnetics, Vol.30, No.6, p.4236にX. Che, M. J. PeekおよびJ. Fitzpatrickの“A Generalized frequency domain nonlinearity measurement method”と題する論文が知られている。この論文には、磁化反転の連続が2ビット(Dibit)を含むビット列パターンの信号を媒体に磁気記録して生じるNLTS測定方法が記載されている。

【0004】このNLTS測定方法について以下に説明する。このNLTS測定方法は下記の3つのステップから構成される。

【0005】ステップ1では、1ビットのパルス幅をTとして15ビット毎に(15Tで)極性が反転する30Tのビット列パターンを繰り返す基準信号によりデータを媒体上に記録し、その再生信号の第5高調波信号(以下、5次成分と記す)を測定する。この5次成分をV5refとする。媒体上に記録するデータの記録符号をレベルで表示するNRZ表記および記録符号をレベルの反転で表示するNRZI表記により上記基準信号を以下に示す。

【0006】

基準信号: NRZ表記: 11111111111111 00000000000000

NRZI表記: 10000000000000 10000000000000

※RZ表記およびNRZI表記により上記被測定信号を以下に示す。

【0007】

被測定信号: NRZ表記: 100000001111111 011111110000000
NRZI表記: 110000001000000 110000001000000

ステップ3では、ステップ1およびステップ2で測定した5次成分をV5refおよびV5refから比率 $Vab=V5pat/V5ref$ を算出する。次いで、Dibitで生じるNLTS (Dibit) を下式(1)から算出する。ここで、NLTSは1 *

$$NLTS (Dibit) = \arccos \left[\frac{(2-Vab^2)}{2} \right] * 3/\pi \cdots (1)$$

上式(1)は、下式(2)により近似できる。

$$【0009】NLTS (Dibit) = Vab * 3/\pi \cdots (2)$$

また、上記論文には、磁化反転がさらに連続した場合のNLTS測定方法も記載されているが、同論文の著者J. Fitzpatrickに加えて、A. Taratorin、S. X. Wang、B. Wilsonが、後の1996年1月に、IEEE Transactions on Magnetics, Vol.33, No.1, P956-961に発表した“Non-Linear Interactions in a Series of Transitions”と題する論文では、再生ヘッドにMR(磁気抵抗効果)型のものが使用された場合、再生ヘッドの非線形性を取除かなければNLTS測定値に大きな誤差が生じることが記載されている。

【0010】さらに、NLTSの一つとして前記録データによる遷移シフト(HTS: Hard Transition ShiftまたはO/W(Over Write) NLTS)があり、その測定方法として、単一ビット列パターンを繰り返す基準信号(f)とその1/2周波数の被測定信号(f/2)とからNLTSを算出する方法が知られている。この方法によれば、基準信号(f)の記録の上に被測定信号(f/2)を同期して記録する必要がありその調整に手間がかかり、また基準信号の周波数を変更するとHTS(=NLTS)が異なる場合があり、かつ前述した5次高調波成分によるNLTS測定方法と異なり測定方法の変更を余儀なくさせられる、すなわち測定方法の互換性をなくすという問題がある。

【0011】また、従来は、Dibitのビット列パターンをもつ信号で生じる非線形遷移シフト(NLTS)を測定するだけで、磁気記録再生装置の性能の判定が十分であったが、最近では、磁気記録再生の高速、高密度化に伴い、Dibit以外のTribitや2Tのビット列パターンを繰り返す信号で生じる非線形遷移シフト(NLTS)を測定する要求がでてきている。

【0012】更に、従来は基準信号や被測定信号は上位装置から与えられ、NLTSの計算を上位装置で行っていた。従って、上位装置側にこのような特殊な機能が必要であり、出荷された後に再計算するのが困難であった。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】それゆえ、本発明は上記問題に鑑み、手間がかからずに、電磁誘導型再生ヘッドのみならずMR(磁気抵抗効果)型再生ヘッドに起因する非線形性に対する測定誤差をも少なくし、あるいはNLTS測定方法に互換性をもたせる、すなわち測定方法※50

* Tで規格化した値、すなわち1Tのパルス幅を1(100%)とした値である。

【0008】

※の変更をせずに様々な種類のNLTSを容易に測定できるようにすることを目的とする。

10 【0014】本発明はまた、磁気記録再生装置単独でNLTSを測定可能にすることを他の目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明の媒体の磁気記録再生における非線形性の測定方法は、媒体に磁気記録された基準信号の再生信号から第1の所定高調波成分を測定し、前記媒体に磁気記録された複数種類の被測定信号の各々毎に、その再生信号から第2の所定高調波成分を測定し、前記第1の所定高調波成分と各々の被測定信号に対応する前記第2の所定高調波成分とから前記磁気記録再生における非線形遷移シフトNLTSを算出する、各ステップを備えたことを特徴とする。

20 【0016】上記本発明の媒体の磁気記録再生における非線形性の測定方法において、前記所定高調波成分は第5高調波成分である。

【0017】所定高調波成分には、第5高調波の他、第6高調波、第7高調波等を選定してもよい。

30 【0018】上記目的を達成する本発明の第一形態の磁気記録再生用LSIは、媒体に磁気記録されるための基準信号を発生し、その再生信号から第1の所定高調波成分を測定し、前記媒体に磁気記録されるための前記基準信号に対応する被測定信号を発生し、その再生信号から第2の所定高調波成分を測定する磁気記録再生用LSIであって、前記基準信号として、前記複数種類のビット列パターンに共通なビット列パターンおよび前記被測定信号をなす複数種類の所定のビット列パターンを発生させる回路を内蔵した、ことを特徴とする。

40 【0019】上記目的を達成する本発明の第二形態の磁気記録再生用LSIは、媒体に磁気記録されるための基準信号を発生し、その再生信号から第1の所定高調波成分を測定し、前記媒体に磁気記録されるための前記基準信号に対応する被測定信号を発生し、その再生信号から第2の所定高調波成分を測定する磁気記録再生用LSIであって、前記基準信号及び一つの該基準信号に対応する複数の被測定信号の再生信号から所定高調波成分を測定する回路を内蔵した、ことを特徴とする。

【0020】上記目的を達成する本発明の第三形態の磁気記録再生用LSIは、媒体に磁気記録されるための基準信号を発生し、その再生信号から第1の所定高調波成分を測定し、前記媒体に磁気記録されるための前記基準

信号に対応する被測定信号を発生し、その再生信号から第2の所定高調波成分を測定する磁気記録再生用LSIであって、前記基準信号をなすビット列パターンおよび前記被測定信号をなす所定のビット列パターンを発生させる回路と、前記媒体に記録された前記基準信号及び前記被測定信号の再生信号から所定高調波成分を測定する回路と、を内蔵したことを特徴とする。

【0021】上記第一及び第三形態の磁気記録再生における非線形性の測定に用いられる磁気記録再生用LSIは、磁化反転するビットを1で表記して、前記基準信号は、磁化反転位置が第0ビット目および第15ビット目にある10000000000000 100000000000000の30ビット列のパターンを繰り返す信号であり、前記第1パターンは、磁化反転位置が第0、1、2、6、7、9、12、15、16、17、21ビット目および第22ビット目にある111000110100100 1110001100000000の30ビット列のパターンである。

【0022】上記第一及び第三形態の磁気記録再生における非線形性の測定に用いられる磁気記録再生用LSIは、磁化反転するビットを1で表記して、前記基準信号は、磁化反転位置が第0ビット目および第15ビット目にある10000000000000 100000000000000の30ビット列のパターンを繰り返す信号であり、前記第2パターンは、磁化反転位置が第0、2、8、15、17ビット目および第23ビット目にある101000001000000 101000001000000の30ビット列のパターンである。

【0023】上記第一及び第三形態の磁気記録再生における非線形性の測定に用いられる磁気記録再生用LSIは、磁化反転するビットを1で表記して、前記基準信号は、磁化反転位置が第0ビット目および第15ビット目にある10000000000000 100000000000000の30ビット列のパターンを繰り返す信号であり、前記第3パターンは、磁化反転位置が第0、2、4、6、8、12、14、16、18ビット目および第20ビット目にある1010101000101 010101000000000の30ビット列のパターンである。

【0024】上記第一形態の磁気記録再生における非線形性の測定に用いられる磁気記録再生用LSIは、前記基準信号または前記被測定信号によりデータが記録された前記媒体から読取られる該データの再生信号から第5高調波成分を測定する回路を内蔵する。

【0025】上記第一形態の磁気記録再生における非線形性の測定に用いられる磁気記録再生用LSIは、前記第5高調波成分を測定する回路により測定される、前記基準信号によりデータが記録された前記媒体から読取られる該データの再生信号である第1の第5高調波成分V5refと前記被測定信号によりデータが記録された前記媒体から読取られる該データの再生信号である第2の第5高調波成分V5patとから比率Vab(=V5pat/V5ref)を算出する回路を内蔵する。

【0026】上記第一形態の磁気記録再生における非線形性の測定に用いられる磁気記録再生用LSIは、前記第1の第5高調波成分V5refと前記第2の第5高調波成分V5patとから算出された前記比率Vab(=V5pat/V5ref)に基づき、前記磁気記録再生における非線形遷移シフトNLTSを算出する回路を内蔵する。

【0027】上記第一形態の磁気記録再生における非線形性の測定に用いられる磁気記録再生用LSIは、前記第5高調波成分を測定する回路が、高速フーリエ変換回路を備える。

【0028】上記第一、第二および第三形態の磁気記録再生における非線形性の測定に用いられる磁気記録再生用LSIは、前記第5高調波成分に基づいてライト補償回路を調整する回路を内蔵する。

【0029】上記目的を達成する本発明の第一形態の磁気記録再生における非線形性を測定する磁気記録再生装置は、媒体に磁気記録されるための基準信号を発生し、その再生信号から第1の所定高調波成分を測定し、前記媒体に磁気記録されるための前記基準信号に対応する被測定信号を発生し、その再生信号から第2の所定高調波成分を測定する磁気記録再生装置において、前記基準信号として、前記複数種類のビット列パターンに共通なビット列パターンおよび前記被測定信号をなす複数種類の所定のビット列パターンを発生させる手段と、を備えたことを特徴とする。

【0030】上記目的を達成する本発明の第二形態の磁気記録再生における非線形性の測定する磁気記録再生装置は、媒体に磁気記録されるための基準信号を発生し、その再生信号から第1の所定高調波成分を測定し、前記媒体に磁気記録されるための前記基準信号に対応する被測定信号を発生し、その再生信号から第2の所定高調波成分を測定する磁気記録再生装置において、前記基準信号及び一つの該基準信号に対応する被測定信号の再生信号から所定高調波成分を測定する手段を備えたことを特徴とする。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0032】図1は、本発明による磁気ディスク装置の第1実施形態のブロック構成図である。磁気ディスク装置1は、高保持力の磁性膜を用い円板状の媒体上にトラックが形成された磁気ディスク2を回転させつつ、磁気ディスク2に対向して配置された磁気ヘッド3に記録電流を供給することにより磁気ヘッド3に磁界を発生させ、磁気ディスク2をトラック進行方向に磁化することにより磁気ディスク2にデータを記録する。このとき、磁気ヘッド3は、アクチュエータ4により磁気ディスク2の半径方向に移動し、同心円状に形成された磁気ディスク2のトラック上にデータを記録して行く。また、磁気ヘッド3には、ヘッドIC5から記録電流が供給さ

れ、記録データに応じた磁界が発生される。

【0033】記録データは、まず外部から制御回路6に供給される。NLTS測定に用いられる記録データは、基準信号としての基準パターンRefおよび被測定信号としての被測定パターンDibit (…00110000…)、Tribit (…00111000…)、2T (…00101000…) およびHTS (…1010…) を有する。ここで、NLTSについて、以下に簡単に説明する。

【0034】図2は磁気記録時に生じるNLTSの説明図である。横軸は磁気ディスクのトラック上の位置を示す。図2は紙面の正面から見て左から右にデータが記録される様子を示す。図2の上段にはデータの記録符号を示し、2段目以降は、順に、磁気ヘッドの記録電流 I_w 、磁界 H_x および媒体の磁束 Φ を示す。図2に示すように記録電流 I_w に対してNLTS1、磁界 H_x に対してNLTS2、媒体の磁束 Φ に対してNLTS3がそれぞれ生じる。それゆえトータルのNLTS (=NLTS1+NLTS2+NLTS3) が大となり、記録したデータの再生時に読取りエラーが生じる虞がある。

【0035】再び図1の説明に戻る。

【0036】制御回路6は、外部から上述した記録データを受信して、エンコーダ7に供給する。エンコーダ7は、制御回路6から供給された記録データを磁気ディスク2に記録するため、NRZ (Non-Return to Zero) のデータに変換して出力する。エンコーダ7の出力信号は、記録補正回路8に供給される。なお、NRZとは、非ゼロ復帰記録方式と呼ばれるもので、2値信号パルス列において、単位符号間隔の長さと同パルスの長さとなるパルス波形で記録を行なう記録方式である。

【0037】記録補正回路8は、エンコーダ7の出力記録信号のビット配列を検出してビット配列に応じた補正を行なう。記録補正回路8で補正された記録信号は、ヘッドIC5に供給される。ヘッドIC5は、記録補正回路8から供給された記録データに応じた記録電流を磁気ヘッド3に供給する。

【0038】一方、磁気ヘッド3により再生された信号は、ヘッドIC5に供給されて増幅された後、AGC (Automatic Gain Control) 回路9に供給される。AGC回路9は、ヘッドIC5から供給された信号の振幅を一定に制御して出力する。

【0039】AGC回路9の出力信号は、信号検出回路10に供給され、再生データが検出される。信号検出回路10で検出された再生データは、デコーダ11に供給され、デコードされた後、制御回路6に供給される。制御回路6では、再生データを外部に出力する。また、AGC回路9の出力信号は、サーボ復調回路12に供給される。サーボ復調回路12では、AGC回路9から供給された信号からサーボ信号を復調して、サーボ制御回路13に供給する。サーボ制御回路13は、サーボ復調回路12から供給されるサーボ信号と制御回路6から供給

される制御信号とに応じて磁気ヘッド5の現在の位置と記録または再生を行なうべき位置との差に応じたドライブ制御信号を生成して、ドライブ回路14に供給する。

【0040】ドライブ回路14は、サーボ制御回路13から供給されたドライブ制御信号に応じてアクチュエータ4を駆動するドライブ信号を生成し、アクチュエータ4に供給する。アクチュエータ4は、ドライブ回路14からのドライブ信号に応じて駆動され、磁気ヘッド5を所定の位置に移動させる。このような磁気ディスク装置1で、磁気ディスク2にデータを記録する場合、磁気ディスク2を磁化する必要があるため、記録媒体上の前記録データの磁化の反転の影響により記録データに位置ずれが発生し、本来の磁化反転位置から位置ずれが生じてしまう。

【0041】図3は、本発明による磁気ディスク装置の第2実施形態のブロック構成図である。図3に示す磁気ディスク装置100は、図1に示す磁気ディスク装置1において、制御回路16と記録補正回路 (ライト補償回路 (WPC: Write Precompensation Circuit)) 18とを下記のように構成し、制御回路16とエンコーダ7との間にパターン発生回路20を設け、LSI21で構成したものである。

【0042】制御回路16は次のように動作する。すなわち、制御回路16は、エンコーダ7に供給する基準信号または被測定信号をなすビット列パターンの記録データを選択する指令を外部から受け、パターン発生回路20に供給する。

【0043】基準信号および被測定信号は、所定の高調波信号、例えば30Tのビット列パターンからなる5次高調波信号が用いられるが、36Tのビット列パターンからなる6次高調波信号または42Tのビット列パターンからなる7次高調波信号でもよい。

【0044】本実施形態では、制御回路16は、後述する5次高調波法によるNLTSの算出結果を記録補正回路18に供給する。記録補正回路18は供給されたNLTSの算出結果に応じて補償した記録信号をヘッドIC5に供給する。

【0045】記録補正回路18は、補償量をLSI21をフィールドに出荷する前または出荷した後に修正でき、 $V_{ab}=1$ に等しいか、あるいはできるだけ $V_{ab}=1$ に近づくように補償量を修正して、最適化される。

【0046】図4は、図3の磁気ディスク装置に用いられるパターン発生回路の一実施例のブロック構成図である。パターン発生回路20は、制御回路16から供給される指令に応じて、予め選択回路30内の不揮発性メモリ (図示せず) に格納したそれぞれ30ビットからなる基準信号としての基準パターンRef (…11110000…) および被測定信号としての被測定パターンDibit (…00110000…)、Tribit (…00111000…)、2T (…00101000…) およびHTS (…1010…) の中から一つの記録データを選

11

択し、その30ビットの記録データをシフトレジスタ31に供給する。シフトレジスタ31は、30ビット並列入力直列出力シフトレジスタであり、S/Lモードが0のとき30ビットの並列記録データを書き込み、S/Lモードが1のとき書き込まれたデータを任意のビットから1ビットづつサイクリックに直列シフトしてエンコーダ7に供給する。このように、30ビットの記録データはエンコーダ7に供給される。

【0047】また、本発明による磁気ディスク装置の他の実施形態として、LSI21内部のAGC回路9と信号検出回路10との間に高速フーリエ変換器(FFT; 図示せず)を設け、AGC回路9から出力される再生信号から5次高調波成分を検出し、制御回路16を介して外部に5次高調波成分を出力するように構成することもできる。

【0048】また、本発明による磁気ディスク装置の他の実施形態として、制御回路16が、外部から基準信号または被測定信号のパターン信号を受信し、受信したパターン信号を記録補正回路18を介してヘッドIC5に*

基準信号 : NRZ表記 : 11111111111111 00000000000000

NRZI表記 : 10000000000000 10000000000000

ステップ2では、ステップ1と同様に、Dibitパターンを含む30Tのビット列パターンを繰り返す被測定信号によりデータを磁気ディスク2上に記録し、その再生信号の5次成分V5patをスペクトラムアナライザまたはF ※

被測定信号 : NRZ表記 : 100000001111111 011111110000000

NRZI表記 : 110000001000000 110000001000000

ステップ3では、ステップ1およびステップ2で測定した5次成分をV5refおよびV5refから比率Vab=V5pat/V5refを算出する。次いで、Dibitで生じるNLTS(Dibit)を下式(1)から算出する。ここで、NLTSは1 ★

$$NLTS(Dibit) = \arccos[(2 - Vab^2)/2] * 3/\pi \dots (1)$$

上式(1)は、下式(2)により近似できる。

$$NLTS(Dibit) = Vab * 3/\pi \dots (2)$$

次に、各種の被測定パターンを用いた5次高調波法によるNLTS測定について以下に説明する。ここでは、基準パターンを共通とし、種類の被測定パターンを設け、かつ測定も第5高調波としている。また、被測定パターンの選択については再生信号にMRヘッドの非線形性をモデル化した再生信号を使用して耐MR非線形性のパターンを選択している。

【0055】図5は、本発明による媒体の磁気記録再生における非線形性を測定する磁気記録再生装置の一実施形態のブロック図である。パターン発生器51から基準信号または被測定信号が記録手段52を介して媒体53に記録される。媒体53に記録されたデータは、再生手段54を介して第1の高速フーリエ変換器FFT55に入力される。一方、パターン発生器51から基準信号または被測定信号が第2の高速フーリエ変換器FFT56に入力される。

12

* 供給して記録し、再生するよう構成してもよい。

【0049】次に、5次高調波法によるNLTS測定の基本形について以下に説明する。なお、ここでは第1実施形態に係る磁気ディスク装置を参照しつつ説明する。このNLTS測定方法は下記の3つのステップから構成される。

【0050】ステップ1では、1ビットのパルス幅をTとして15ビット毎に(15Tで)極性が反転する30Tのビット列パターンを繰り返す基準信号を外部から制御回路6に送り、データを磁気ディスク2上に記録し、その再生信号をAGC回路9の出力から検出し、その第5高調波信号(以下、5次成分と記す)をスペクトラムアナライザまたはFFTにより測定する。この5次成分をV5refとする。磁気ディスク2上に記録するデータの記録符号をレベルで表示するNRZ表記および記録符号をレベルの反転で表示するNRZI表記により上記基準信号を以下に示す。

【0051】

※ FCにより測定する。NRZ表記およびNRZI表記により上記被測定信号を以下に示す。

【0052】

★ Tで規格化した値、すなわち1Tのパルス幅を1(100%)とした値である。

【0053】

☆ 【0056】図6は高速フーリエ変換器FFTの出力例を示す図である。図5のFFT55またはFFT56に基準信号または被測定信号が入力されたときの、周波数成分を横軸に、FFT出力を縦軸にそれぞれ示す。

【0057】デバイダ57により、FFT55の出力から媒体の記録再生信号の5次成分FFT_oを抽出し、FFT56の出力から媒体の記録信号の5次成分FFT_iを抽出し、これらを除算した値FFT_o/FFT_iを計算する。NLTS測定手段58は、例えばファームウェアにより形成され、デバイダ57の計算結果を用いた上記(1)式に基づき、被線形性NLTSを計算し、その計算結果を制御回路59に出力する。

【0058】図5に示す非線形性の測定では、パターン発生器51と記録手段52との間、記録手段52と媒体53との間、媒体53と再生手段54との間および再生手段54とFFT55との間の伝送系において非線形性が生じ、パターン発生器51とFFT56との間の伝送系には非線形性が生じない。しかしながら、FFT_oお

よびFFT_iは、同じ特定周波数(5次成分)であり、周波数特性の誤差は生じない。その結果、伝送系のf特性の影響を受けずに非線形性を測定できる。

【0059】

【表1】

5次高調波法による各種NLTSの測定パターン

NLTS測定種類		記録パターンA (NRZ 表記)																														NLTS	Asymによる 絶対値誤差
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
被測定 パターン	Dibit (Original)	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	Dibit両極性のNLTS平均値	- 5%
	Tribit (両極性)	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	Tribit両極性のNLTS平均値	+ 5%
	2T (両極性)	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2T両極性のNLTS 平均値	- 6%
	HTS (0/1nits)	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	単一極性のNLTS
基準 パターン	Ref (共通)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

* 【0060】〔表1〕は、5次高調波法によるNLTS測定に用いられる基準信号および被測定信号の各種記録パターンの一覧表である。〔表1〕において、上段に各列の項目を示す。各項目は、左から順に第1列目はNLTSの測定種類、第2列目は記録パターン、第3列目はNLTS、第4列目はAsymmetryによる絶対値誤差を示す。〔表1〕に示されるような被測定パターンを用いることにより、測定するNLTSの種類によらず基準パターンを共通化できる。

10 【0061】〔表1〕において、左から第1列目にはNLTSの測定種類として、被測定パターンDibit (…00110000…)、Tribit (…00111000…) および2T (…00101000…) の両極性、HTS (…1010…) の単一極性および基準測定パターンRef (…10001000…) が記されている。

【0062】〔表1〕において、左から第2列目には上記基準パターンおよび被測定パターンがNRZ I表記で示されている。これらのパターンから選択されたデータが、記録データとして外部から制御回路16に30T毎に繰り返し供給される。

20 【0063】〔表1〕において、左から第3列目にはNLTSが記されている。上から順に被測定パターンDibit、Tribitおよび2Tの両極性のNLTS平均値、被測定パターンHTSの単一極性のNLTSが記されている。

【0064】〔表1〕において、左から第4列目には非対称(Asymmetry)による絶対値誤差が示されている。この誤差は、記録データの再生信号として磁気ヘッド3から検出される誘起電圧から下式(3)により算出される。

【0065】

30

40

*

$$Er = (V_{p+} - V_{p-}) / 2 * (V_{p+} + V_{p-}) \dots (3)$$

ここで、Erは誤差、V_{p+}は+誘起電圧のピーク値の絶対値、V_{p-}は-誘起電圧のピーク値の絶対値である。

※によるNLTS算出式の一覧表である。〔表2〕において、上段に各列の項目を示す。各項目は、左から順に第1列目はNLTSの測定種類、第2列目は被測定信号の

【0066】〔表2〕は、〔表1〕に示す5次高調波法※50

第5高調波成分V5pat、第3列目は基本信号の第5高調波成分V5ref、第4列目は第5高調波成分の比率Vab、第5列目はNLTSの計算式の厳密解と近似解を示す。

【0067】

【表2】

5次高調波法による各種NLTSの算出式

NLTS測定種類	V5pat	V5ref	NLTS計算式	厳密解	近似解
Dibit (Original)	$[1 + \exp(-j\pi/3 + j\pi/3\omega T)] + [1 + \exp(-j\pi/3 + j\pi/3\omega T)]$		$(V5pat/V5ref) = Vab$	$\cos[(2 - Vab^2)/2] \pi/3$	$Vab \pi/3$
Tribit (両極性)	$[1 + \exp(-j\pi/3 + j\pi/3\omega T)] + [1 + \exp(-j\pi/3 + j\pi/3\omega T)]$			$2 - \cos[(Vab^2 - 2)/2] \pi/3$	-
2T (両極性)	$[1 + \exp(-j\pi/3 + j\pi/3\omega T)] + [1 + \exp(-j\pi/3 + j\pi/3\omega T)]$			$1 - \cos[(2 - Vab^2)/2] \pi/3$	$1 - Vab \pi/3$
HTS (D/W NLTS)	$[1 + \exp(-j\pi/3 + j\pi/3\omega T)] + \exp(-j\pi/3)$			$\cos[(1 - Vab^2)/(1 + Vab^2)] \pi/3$	$Vab \pi/3$

*【0068】【表2】において、左から第1列目にはNLTSの測定種類Dibit、Tribit、2Tの両極性およびHTSの単一極性が記されている。【表2】において、nltsは前ビットの記録再生時のNLTS、 ωT は下地によるNLTSを示す。また、測定可能な磁化反転連続のNLTSは、Dibitであれば2ビット目のNLTSであり、Tribitであれば3ビット目のNLTSであり、2TであればDibitの半分の周波数で生じるNLTSである。

【0069】次に、5次高調波法による各種NLTSの算出式について以下に詳述する。

1. Dibit NLTS(両極性) : 30T

○ Aパターンの第5次成分の算出

Aパターン磁化反転位置 : {0, 1, 8, 15, 16, 23}

前bitによるNLTSをbit周期Tで正規化したものをtn、前歴によるNLTSを正規化したものをtowとする。

【0070】 $Va(t) = h(t) - h(t - T - T_{tow} + T_{tn}) + h(t - 8T) - h(t - 15T - T_{tow}) + h(t - 16T + T_{tn}) - h(t - 23T - T_{tow})$

$Va(f) = H(f) [\exp(0) - \exp(-j\omega T(1 + tow - tn)) + \exp(-j\omega T(8)) - \exp(-j\omega T(15 + tow)) + \exp(-j\omega T(16 - tn)) - \exp(-j\omega T(23 + tow))]$

20

第5次成分は $5f_0 = 5/T_0 = 5/(30T) = 1/(6T)$ であるため、 $\omega T = 2\pi fT = 2\pi 5f_0T = 3/\pi$ 。ここで f_0 は繰り返し基準周波数。

【0071】よって $Va(f)$ の第5次成分 $Va(5f_0)$ は以下の式となる。

【0072】

30

40

*

$$Va(5f_0) = H(f) [1 - \exp(-j\pi/3(1 + tow - tn)) + \exp(-j\pi/3 \cdot 8) - \exp(-j\pi/3(15 + tow)) + \exp(-j\pi/3(16 - tn))]$$

$$\begin{aligned}
& -\exp(-j\pi/3(23+tow)) \\
= & H(f) [1 - \exp(-j\pi/3(1+tow-tn)) + \exp(-j\pi/3*2) + \exp(-j\pi/3*tow) \\
& - \exp(-j\pi/3(1-tn)) + \exp(-j\pi/3(2+tow))] \\
= & H(f) [1 + \exp(-j\pi/3*tow) - \exp(-j\pi/3(1-tn)) * (1 + \exp(-j\pi/3*tow)) \\
& + \exp(-j\pi/3*2) * (1 + \exp(-j\pi/3*tow))] \\
= & H(f) [(1 + \exp(-j\pi/3*tow)) * (1 + \exp(-j\pi/3*2) - \exp(-j\pi/3(1-tn)))] \\
= & H(f) [(1 + \exp(-j\pi/3*tow)) * (\exp(-j\pi/3) - \exp(-j\pi/3(1-tn)))] \\
& \dots (1-1)
\end{aligned}$$

○ 同様にBパターンの第5次成分 $V_b(5f_0)$ を求める。 * * 【0073】 Bパターン磁化反転位置: [0, 15]

$$\begin{aligned}
V_b(5f_0) &= H(f) [\exp(-j\pi/3(0)) - \exp(-j\pi/3(15+tow))] \\
&= H(f) [1 + \exp(-j\pi/3*tow)] \dots (1-2)
\end{aligned}$$

○ NLTS算出式の導出

まず、 $V_{ab} = V_a(5f_0)/V_b(5f_0)$ を算出する。ここで $V_a(5f_0)$ 及び $V_b(5f_0)$ はスペクトラムアナライザで測定するため絶対値のみが測定されている。よって V_{ab} は(1-1)、(1-2)式より、

$$\begin{aligned}
V_{ab} &= |V_a(5f_0)/V_b(5f_0)| \\
&= |\exp(-j\pi/3) - \exp(-j\pi/3(1-tn))| \\
&= |\exp(-j\pi/3)(1 - \exp(+j\pi/3*tn))| \\
&= |1 - \exp(+j\pi/3*tn)|
\end{aligned}$$

ここで、 $\exp(+j\pi/3*tn)$ の実数部を $\text{Re}(x)$ 、虚数部を $\text{Im}(x)$ とすると、

$$V_{ab} = ((1 - \text{Re}(x))^2 + \text{Im}(x)^2)^{1/2}$$

$= (1 + \text{Re}(x)^2 + \text{Im}(x)^2 - 2\text{Re}(x))^{1/2}$ 実数部 $\text{Re}(x)$ は、 ※

$$\begin{aligned}
V_a(5f_0) &= H(f) [1 - \exp(-j\pi/3(1-tn1+tow)) + \exp(-j\pi/3(2-tn2)) \\
& - \exp(-j\pi/3(6+tow)) + \exp(-j\pi/3(7-tn1)) \\
& - \exp(-j\pi/3(9+tow)) + \exp(-j\pi/3(12)) \\
& - \exp(-j\pi/3(15+tow)) + \exp(-j\pi/3(16-tn1)) \\
& - \exp(-j\pi/3(17-tn2+tow)) + \exp(-j\pi/3(21)) \\
& - \exp(-j\pi/3(22-tn1+tow))]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= H(f) [1 - \exp(-j\pi/3(1-tn1+tow)) + \exp(-j\pi/3(2-tn2)) \\
& - \exp(-j\pi/3*tow) + \exp(-j\pi/3(1-tn1)) + \exp(-j\pi/3*tow) + 1 \\
& + \exp(-j\pi/3*tow) - \exp(-j\pi/3(1-tn1)) \\
& + \exp(-j\pi/3(2-tn2+tow)) - 1 + \exp(-j\pi/3(1-tn1+tow))] \\
&= H(f) [1 + \exp(-j\pi/3*tow) + \exp(-j\pi/3(2-tn2)) \\
& + \exp(-j\pi/3(1-tn2+tow))] \\
&= H(f) [(1 + \exp(-j\pi/3*tow)) (1 + \exp(-j\pi/3(2-tn2)))] \dots (2-1)
\end{aligned}$$

NLTS算出式の導出 BパターンはDibit NLTSの場合と同じであるので V_{ab} は(1-2)、(2-1)式より、

$$V_{ab} = |1 + \exp(-j\pi/3(2-tn2))|$$

Dibit NLTSの場合と同様に $\text{Re}(x)$ を求めると、

$$\text{Re}(x) = (V_{ab}^2 - 2)/2$$

ここで、 V_{ab} が第3象限である $-2\pi/3$ を基準としていることに注意し、且つ、 $\text{acos}(x)$ の演算結果が $0 \sim \pi$ であるためNLTSは以下の式で算出される。

【0075】

$$\begin{aligned}
V_a(5f_0) &= H(f) [1 - \exp(-j\pi/3(2+tow)) + \exp(-j\pi/3(4)) \\
& - \exp(-j\pi/3(6+tow)) + \exp(-j\pi/3(8)) - \exp(-j\pi/3(12+tow)) \\
& + \exp(-j\pi/3(14)) - \exp(-j\pi/3(16+tow)) + \exp(-j\pi/3(18)) \\
& - \exp(-j\pi/3(20+tow))]
\end{aligned}$$

$$\text{Re}(x) = (2 - V_{ab}^2)/2$$

よって位相角 ϕ は、

$$\phi = \text{acos}(\text{Re}(x)) = \text{acos}((2 - V_{ab}^2)/2)$$

f_0 の5次成分で見た場合の T は $\pi/3$ であるため1Tに対するNLTS量は以下の式で算出される。

【0074】

$$\text{NLTS} = \phi * 3 / \pi$$

$$= \text{acos}((2 - V_{ab}^2)/2) * 3 / \pi \dots (1-3)$$

20 2. Tribit NLTS (両極性): 3 OT

○ Aパターンの第5次成分の算出

Aパターン磁化反転位置: [0, 1, 2, 6, 7, 9, 12, 15, 16, 17, 21, 22] 上記Dibit NLTSの算出と同様に、

★

$$\begin{aligned}
\text{NLTS} &= (2\pi/3 - \text{acos}((V_{ab}^2 - 2)/2)) * 3 / \pi \\
&= 2 - \text{acos}((V_{ab}^2 - 2)/2) * 3 / \pi \dots (2-2)
\end{aligned}$$

40 3. 0/W NLTS=HTS: 5次高調波法: 3 OT

○ Aパターンの第5次成分の算出

Aパターン磁化反転位置: [0, 2, 4, 6, 8, 12, 14, 16, 18, 20]

上記Dibit NLTSの算出と同様に、

19

20

$$\begin{aligned}
&=H(f) [1- \exp(-j\pi/3(2+tn)) + \exp(-j\pi/3) - \exp(-j\pi/3*tn) \\
&\quad + \exp(-j\pi/3(2)) - \exp(-j\pi/3*tn) + \exp(-j\pi/3*2) \\
&\quad + \exp(-j\pi/3(1+tn)) + 1 - \exp(-j\pi/3(2+tn))] \\
&=H(f) [2- 2\exp(-j\pi/3(2+tn)) + 2\exp(-j\pi/3*2) \\
&\quad - 2\exp(-j\pi/3*tn) + \exp(-j\pi/3(1+tn)) - \exp(-j\pi/3)] \\
&=H(f) [(1- \exp(-j\pi/3*tn)) \exp(-j\pi/3)] \cdots (3-1)
\end{aligned}$$

○ NLTS算出式の導出

* -2)、(3-1)式より、

BパターンはDibit NLTSの場合と同じであるのでVabは(1*

$$\begin{aligned}
Vab &= | (1- \exp(-j\pi/3*tn)) \exp(-j\pi/3) | / \\
&\quad | 1+ \exp(-j\pi/3*tn) | \\
&= | 1- \exp(-j\pi/3*tn) | / | 1+ \exp(-j\pi/3*tn) |
\end{aligned}$$

Dibit NLTSの場合と同様にRe(x)を求める。

※【0077】

【0076】

$$NLTS = \arccos((1-Vab^2)/(1+Vab^2)) * 3/\pi \cdots (3-2)$$

$$Vab^2 = [(1-Re(x))^2 + Im(x)^2] / [(1+Re(x))^2 + Im(x)^2]$$

4. 2T NLTS: 30T

$$= (1-Re(x)) / (1+Re(x))$$

○ Aパターンの第5次成分の算出

$$\therefore Re(x) = (1-Vab^2) / (1+Vab^2)$$

Aパターン磁化反転位置: {0, 2, 8, 15, 17, 23}

よってNLTSは以下の式で算出される。

※ 上記Dibit NLTSの算出と同様に、

$$\begin{aligned}
Va(5f_0) &= H(f) [1- \exp(-j\pi/3(2-tn+tn)) + \exp(-j\pi/3*8) \\
&\quad - \exp(-j\pi/3(15+tn)) + \exp(-j\pi/3(17-tn)) \\
&\quad - \exp(-j\pi/3(23+tn))] \\
&= H(f) [1- \exp(-j\pi/3(2-tn+tn)) + \exp(-j\pi/3*2) + \exp(-j\pi/3*tn) \\
&\quad - \exp(-j\pi/3(2-tn)) + \exp(-j\pi/3(2+tn))] \\
&= H(f) [(1+ \exp(-j\pi/3*tn)) (\exp(-j\pi/3) - \exp(-j\pi/3(2-tn)))] \\
&= H(f) [(1+ \exp(-j\pi/3*tn)) (\exp(-j\pi/3) (1 - \exp(-j\pi/3(1-tn))))] \\
&\quad \cdots (4-1)
\end{aligned}$$

○ NLTS算出式の導出

★よってNLTSは以下の式で算出される。

BパターンはDibit NLTSの場合と同じであるのでVabは(1

【0079】NLTS = 1 - arccos((2-Vab^2)/2) * 3/\pi \cdots (4-2)

-2)、(4-1)式より、

5. 0/W手法による0/W NLTS(Hard Transition Shift)

$$Vab = | \exp(-j\pi/3) (1 - \exp(-j\pi/3(1-tn))) |$$

○ 基準パターンの基本周波数成分VF2: 周期4T

$$= | (1 - \exp(-j\pi/3(1-tn))) |$$

30 Aパターン磁化反転位置: {0, 2}

Dibit NLTSの場合と同様にRe(x)を求める。

$$VF2(t) = x(0) - x(2T+Ttn)$$

$$【0078】 Vab^2 = (1-Re(x))^2 + Im(x)^2$$

$$VF2(t) \text{の1周期}(1/f_0) \text{は} 4T \text{に相当するので} \omega T = 2\pi f_0$$

$$\therefore Re(x) = (2 - Vab^2) / 2$$

★ 上記Dibit NLTSの算出と同様に、

$$\begin{aligned}
Va(5f_0) &= H(f) [1- \exp(-j\pi/3(2-tn+tn)) + \exp(-j\pi/3*8) \\
&\quad - \exp(-j\pi/3(15+tn)) + \exp(-j\pi/3(17-tn)) \\
&\quad - \exp(-j\pi/3(23+tn))] \\
&= H(f) [1- \exp(-j\pi/3(2-tn+tn)) + \exp(-j\pi/3*2) \\
&\quad + \exp(-j\pi/3*tn) - \exp(-j\pi/3(2-tn)) + \exp(-j\pi/3(2+tn))] \\
&= H(f) [(1+ \exp(-j\pi/3*tn)) (\exp(-j\pi/3) - \exp(-j\pi/3(2-tn)))] \\
&= H(f) [(1+ \exp(-j\pi/3*tn)) (\exp(-j\pi/3) (1 - \exp(-j\pi/3(1-tn))))] \\
&\quad \cdots (5-1)
\end{aligned}$$

○ NLTS算出式の導出

☆【0081】NLTS = 1 - arccos((2-Vab^2)/2) * 3/\pi \cdots (5-2)

BパターンはDibit NLTSの場合と同じであるのでVabは(1

図7は従来技術により、図8～10は本発明による、線形な再生伝送路における各種NLTSシミュレーション時のNLTS計算結果を示す図であり、被測定信号として、図7は、Dibitパターンを、図8は、Tribitパターンを、図9は、2Tパターンを、図10は、HTS(0/W NLTS)パターンをそれぞれ用いた場合のNLTS計算結果を示す図である。

-2)、(4-1)式より、

$$Vab = | \exp(-j\pi/3) (1 - \exp(-j\pi/3(1-tn))) |$$

$$= | (1 - \exp(-j\pi/3(1-tn))) |$$

Dibit NLTSの場合と同様にRe(x)を求める。

$$【0080】 Vab^2 = (1-Re(x))^2 + Im(x)^2$$

$$\therefore Re(x) = (2 - Vab^2) / 2$$

よってNLTS(HTS)は以下の式で算出される。

☆50 【0082】図11～14は、非線形な再生伝送路にお

21

ける各種NLTSシミュレーション時のNLTS計算結果を示す図であり、それぞれ図7～10に対応し、被測定信号として、図11は、Dibitパターンを、図12は、Tribitパターンを、図13は、2Tパターンを、図14は、HTS (0/W NLTS) パターンをそれぞれ用いた場合のNLTS計算結果を示す図である。図11(A)、図12(A)、図13(A)および図14(A)は、1ビット前の前記録データによるNLTSを0%～30%まで変化させたときの5次高調波法によるNLTS測定結果を示す図である。図11(B)、図12(B)、図13(B)および図14(B)は、図11(A)、図12(A)、図13(A)および図14(A)において、それぞれ1ビット前の前記録データによるNLTSを0%に固定したときの5次高調波法によるNLTS測定結果を示す図である。

【0083】(付記1) 入力信号を受けその入力信号に応じて出力信号を発生する対象物の入出力における非線形性の測定方法であって、基本パターンの信号を前記対象物に入力し、その出力信号から第1の所定高調波成分を測定し、複数種類の所定のパターンの信号から一つのパターンの信号を選択し、前記選択したパターンの信号をサイクリックに前記対象物に入力し、その出力信号から第2の所定高調波成分を測定し、前記第1の所定高調波成分と前記第2の所定高調波成分とから前記対象物における非線形遷移シフトNLTSを算出する、各ステップを備えたことを特徴とする非線形性の測定方法。

【0084】(付記2) 媒体に磁気記録された基準信号の再生信号から第1の所定高調波成分を測定し、前記媒体に磁気記録された複数種類の被測定信号の各々毎に、その再生信号から第2の所定高調波成分を測定し、前記第1の所定高調波成分と各々の被測定信号に対応する前記第2の所定高調波成分とから前記磁気記録再生における非線形遷移シフトNLTSを算出する、各ステップを備えたことを特徴とする媒体の磁気記録再生における非線形性の測定方法。

【0085】(付記3) 前記所定高調波成分は第5高調波成分である、付記2に記載の測定方法。

【0086】(付記4) 前記基準信号は、磁化と非磁化をそれぞれ一度同一期間行って前記媒体にデータを磁気記録するためのビット列パターンのデータを任意のビットからサイクリックに直列シフトした信号であり、前記複数種類の所定のビット列パターンは、磁化反転が3ビット連続して生じるTRIBITを前記磁化と非磁化の各期間に対応してそれぞれ1つ含むビット列の第1パターンと、磁化反転が2ビット間隔で生じる2Tを前記磁化と非磁化の各期間に対応してそれぞれ1つ含むビット列の第2パターンと、前記媒体における前記録の磁化方向の逆方向に磁化するように磁化反転が生じるビット構成HTSを含むビット列の第3パターンと、を含む、付記3に記載の測定方法。

22

【0087】(付記5) 磁化反転するビットを1で表記して、前記基準信号は、磁化反転位置が第0ビット目および第15ビット目にある10000000000000 10000000000000の30ビット列のパターンを繰り返す信号であり、前記第1パターンは、磁化反転位置が第0、1、2、6、7、9、12、15、16、17、21ビット目および第22ビット目にある111000110100100 111000110000000の30ビット列のパターンである、付記4に記載の測定方法。

10 【0088】(付記6) 磁化反転するビットを1で表記して、前記基準信号は、磁化反転位置が第0ビット目および第15ビット目にある10000000000000 10000000000000の30ビット列のパターンを繰り返す信号であり、前記第2パターンは、磁化反転位置が第0、2、8、15、17ビット目および第23ビット目にある10100001000000 101000001000000の30ビット列のパターンである、付記4に記載の測定方法。

20 【0089】(付記7) 磁化反転するビットを1で表記して、前記基準信号は、磁化反転位置が第0ビット目および第15ビット目にある10000000000000 10000000000000の30ビット列のパターンを繰り返す信号であり、前記第3パターンは、磁化反転位置が第0、2、4、6、8、12、14、16、18ビット目および第20ビット目にある101010101000101 01010100000000の30ビット列のパターンである、付記4に記載の測定方法。

【0090】(付記8) 前記NLTSが、5%の誤差範囲内で測定される、付記2乃至7の何れか一つに記載の測定方法。

30 【0091】(付記9) 媒体に磁気記録されるための基準信号を発生し、その再生信号から第1の所定高調波成分を測定し、前記媒体に磁気記録されるための前記基準信号に対応する被測定信号を発生し、その再生信号から第2の所定高調波成分を測定する磁気記録再生用LSIであって、前記基準信号として、前記複数種類のビット列パターンに共通なビット列パターンおよび前記被測定信号をなす複数種類の所定のビット列パターンを発生させる回路を内蔵した、ことを特徴とする磁気記録再生用LSI。

40 【0092】(付記10) 媒体に磁気記録されるための基準信号を発生し、その再生信号から第1の所定高調波成分を測定し、前記媒体に磁気記録されるための前記基準信号に対応する被測定信号を発生し、その再生信号から第2の所定高調波成分を測定する磁気記録再生用LSIであって、前記基準信号及び一つの該基準信号に対応する複数の被測定信号の再生信号から所定高調波成分を測定する回路を内蔵した、ことを特徴とする磁気記録再生用LSI。

50 【0093】(付記11) 媒体に磁気記録されるための基準信号を発生し、その再生信号から第1の所定高調波

成分を測定し、前記媒体に磁気記録されるための前記基準信号に対応する被測定信号を発生し、その再生信号から第2の所定高調波成分を測定する磁気記録再生用LSIであって、前記基準信号をなすビット列パターンおよび前記被測定信号をなす所定のビット列パターンを発生させる回路と、前記媒体に記録された前記基準信号及び前記被測定信号の再生信号から所定高調波成分を測定する回路と、を内蔵したことを特徴とする磁気記録再生用LSI。

【0094】(付記12) 磁化反転するビットを1で表記して、前記基準信号は、磁化反転位置が第0ビット目および第15ビット目にある100000000000000 100000000000000の30ビット列のパターンを繰り返す信号であり、前記第1パターンは、磁化反転位置が第0、1、2、6、7、9、12、15、16、17、21ビット目および第22ビット目にある111000110100100 111000110000000の30ビット列のパターンである、付記9または11に記載のLSI。

【0095】(付記13) 磁化反転するビットを1で表記して、前記基準信号は、磁化反転位置が第0ビット目および第15ビット目にある100000000000000 100000000000000の30ビット列のパターンを繰り返す信号であり、前記第2パターンは、磁化反転位置が第0、2、8、15、17ビット目および第23ビット目にある101000010000000の30ビット列のパターンである、付記9または11に記載のLSI。

【0096】(付記14) 磁化反転するビットを1で表記して、前記基準信号は、磁化反転位置が第0ビット目および第15ビット目にある100000000000000 100000000000000の30ビット列のパターンを繰り返す信号であり、前記第3パターンは、磁化反転位置が第0、2、4、6、8、12、14、16、18ビット目および第20ビット目にある101010101000101 010101000000000の30ビット列のパターンである、付記9または11に記載のLSI。

【0097】(付記15) 前記基準信号または前記被測定信号によりデータが記録された前記媒体から読取られる該データの再生信号から第5高調波成分を測定する回路を内蔵した、付記9に記載の磁気記録再生用LSI。

【0098】(付記16) 前記第5高調波成分を測定する回路により測定される、前記基準信号によりデータが記録された前記媒体から読取られる該データの再生信号である第1の第5高調波成分 V_{5ref} と前記被測定信号によりデータが記録された前記媒体から読取られる該データの再生信号である第2の第5高調波成分 V_{5pat} とから比率 $V_{ab} (= V_{5pat}/V_{5ref})$ を算出する回路を内蔵した、付記15に記載の磁気記録再生用LSI。

【0099】(付記17) 前記第1の第5高調波成分 V_{5ref} と前記第2の第5高調波成分 V_{5pat} とから算出された前記比率 $V_{ab} (= V_{5pat}/V_{5ref})$ に基づき、前

記磁気記録再生における非線形遷移シフトNLTSを算出する回路を内蔵した、付記16に記載の磁気記録再生用LSI。

【0100】(付記18) 前記第5高調波成分を測定する回路が、高速フーリエ変換回路を備える、付記10、15、16または17に記載の磁気記録再生用LSI。

【0101】(付記19) 付記9乃至18の何れか一つに記載の磁気記録再生用LSIにおいて、前記第5高調波成分に基づいてライト補償回路を調整する回路を内蔵した、磁気記録再生用LSI。

【0102】(付記20) 付記9乃至19の何れか一つに記載の磁気記録再生用LSIを搭載した磁気記録再生装置。

【0103】(付記21) 媒体に磁気記録されるための基準信号を発生し、その再生信号から第1の所定高調波成分を測定し、前記媒体に磁気記録されるための前記基準信号に対応する被測定信号を発生し、その再生信号から第2の所定高調波成分を測定し、前記第1の所定高調波成分と前記第2の所定高調波成分とから前記磁気記録再生における非線形遷移シフトNLTSを算出する、媒体の磁気記録再生における非線形性を測定する磁気記録再生装置において、前記基準信号として、前記複数種類のビット列パターンに共通なビット列パターンおよび前記被測定信号をなす複数種類の所定のビット列パターン(のデータのうちから一つのビット列パターンのデータを選択する手段と、該選択したビット列パターンのデータを任意のビットからサイクリックに直列シフトして前記基準信号または前記被測定信号)を発生させる手段と、を備えたことを特徴とする磁気記録再生装置。

【0104】(付記22) 媒体に磁気記録されるための基準信号を発生し、その再生信号から第1の所定高調波成分を測定し、前記媒体に磁気記録されるための前記基準信号に対応する被測定信号を発生し、その再生信号から第2の所定高調波成分を測定し、前記第1の所定高調波成分と前記第2の所定高調波成分とから前記磁気記録再生における非線形遷移シフトNLTSを算出する、媒体の磁気記録再生における非線形性を測定する磁気記録再生装置において、前記基準信号及び一つの該基準信号に対応する被測定信号の再生信号から所定高調波成分を測定する手段を備えたことを特徴とする磁気記録再生装置。

【0105】(付記23) 媒体に磁気記録されるための基準信号を発生し、その再生信号から第1の所定高調波成分を測定し、前記媒体に磁気記録されるための前記基準信号に対応する被測定信号を発生し、その再生信号から第2の所定高調波成分を測定し、前記第1の所定高調波成分と前記第2の所定高調波成分とから前記磁気記録再生における非線形遷移シフトNLTSを算出する、媒体の磁気記録再生における非線形性を測定する磁気記録再生装置において、前記基準信号をなすビット列パ

ターンおよび前記被測定信号をなす所定のビット列パターン（のデータのうちから一つのビット列パターンのデータを選択し、該選択したビット列パターンのデータを任意のビットからサイクリックに直列シフトして前記基準信号または前記被測定信号）を発生させる手段と、前記媒体に記録された前記基準信号及び前記被測定信号（によりデータが記録された前記媒体から読取られる該データの）再生信号から所定高調波成分を測定する手段と、を備えたことを特徴とする磁気記録再生装置。

【0106】（付記24）磁化反転するビットを1で表記して、前記基準信号は、磁化反転位置が第0ビット目および第15ビット目にある1000000000000000 1000000000000000の30ビット列のパターンを繰り返す信号であり、前記第1パターンは、磁化反転位置が第0、1、2、6、7、9、12、15、16、17、21ビット目および第22ビット目にある111000110100100 1110001100000000の30ビット列のパターンである、付記21または23に記載のLSI。

【0107】（付記25）磁化反転するビットを1で表記して、前記基準信号は、磁化反転位置が第0ビット目および第15ビット目にある1000000000000000 1000000000000000の30ビット列のパターンを繰り返す信号であり、前記第2パターンは、磁化反転位置が第0、2、8、15、17ビット目および第23ビット目にある1010000100000000の30ビット列のパターンである、付記21または23に記載のLSI。

【0108】（付記26）磁化反転するビットを1で表記して、前記基準信号は、磁化反転位置が第0ビット目および第15ビット目にある1000000000000000 1000000000000000の30ビット列のパターンを繰り返す信号であり、前記第3パターンは、磁化反転位置が第0、2、4、6、8、12、14、16、18ビット目および第20ビット目にある101010101000101 0101010000000000の30ビット列のパターンである、付記21または23に記載のLSI。

【0109】（付記27）前記基準信号または前記被測定信号によりデータが記録された前記媒体から読取られる該データの再生信号から第5高調波成分を測定する手段を備えた、付記21に記載の磁気記録再生装置。

【0110】（付記28）前記第5高調波成分を測定する回路により測定される、前記基準信号によりデータが記録された前記媒体から読取られる該データの再生信号である第1の第5高調波成分 V_{5ref} と前記被測定信号によりデータが記録された前記媒体から読取られる該データの再生信号である第2の第5高調波成分 V_{5pat} とから比率 $Vab (= V_{5pat} / V_{5ref})$ を算出する手段を備えた、付記27に記載の磁気記録再生装置。

【0111】（付記29）前記第1の第5高調波成分 V_{5ref} と前記第2の第5高調波成分 V_{5pat} とから算出された前記比率 $Vab (= V_{5pat} / V_{5ref})$ に基づき、前

記磁気記録再生における非線形遷移シフトNLTSを算出する手段を備えた、付記27に記載の磁気記録再生装置。

【0112】（付記30）前記第5高調波成分を測定する手段が、高速フーリエ変換器を備える、付記22、27、28または29に記載の磁気記録再生装置。

【0113】（付記31）前記第5高調波成分に基づいてライト補償回路を調整する手段を備えた、付記21乃至30の何れか一つに記載の磁気記録再生装置。

【0114】（付記32）前記再生信号を検出する磁気抵抗型ヘッドを備えた、付記21乃至31の何れか一つに記載の磁気記録再生装置。

【0115】（付記33）前記NLTSが、5%の誤差範囲内で測定される、付記20乃至32の何れか一つに記載の磁気記録再生装置。

【0116】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、NLTSの種類によらず、測定法を高調波法に統一できるとともに、基準信号を共通化できるので各種NLTSが被測定パターンと算出式とを変えるだけでよい。また、MR非線形性が存在する系であってもそのまま測定可能であり、ヘッド媒体系でのNLTSのモデル化が容易となり、ライト補償回路（WPC:Write Precompensation Circuit）の最適化がその測定値を信頼できる形で可能となる。そのWPC最適化にはNLTSを算出式で計算するまでも無く、基準信号と被測定信号との5次成分の比率 Vab の値を使用することができる。例えばTribitパターンNLTS、2TパターンNLTSでは Vab が1に近づけば各々のNLTSは最小となる。

【0117】また、本発明によれば、MR型再生ヘッドの非線形性を考慮しても5%程度の測定誤差で各種NLTSが測定可能である。

【0118】更に、本発明によれば、磁気記録再生装置単独でNLTSの測定が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による磁気ディスク装置の第1実施形態のブロック構成図である。

【図2】磁気記録時に生じるNLTSの説明図である。

【図3】本発明による磁気ディスク装置の第2実施形態のブロック構成図である。

【図4】図3の磁気ディスク装置に用いられるパターン発生回路の一実施例のブロック構成図である。

【図5】本発明による媒体の磁気記録再生における非線形性を測定する磁気記録再生装置の一実施形態のブロック図である。

【図6】高速フーリエ変換器FFTの出力例を示す図である。

【図7】従来技術による被測定信号としてDibitパターンを用いた場合の、線形な再生伝送路における各種NLTSシミュレーション時のNLTS計算結果を示す図で

あり、NLTS計算結果を示す図である。

【図8】本発明による被測定信号としてTribiレパターンを用いた場合の、線形な再生伝送路における各種NLTSシミュレーション時のNLTS計算結果を示す。

【図9】本発明による被測定信号として2Tパターンを用いた場合の、線形な再生伝送路における各種NLTSシミュレーション時のNLTS計算結果を示す図である。

【図10】本発明による被測定信号としてHTS (0/W NLTS) 用いた場合の、線形な再生伝送路における各種NLTSシミュレーション時のNLTS計算結果を示すである。

【図11】(A)は、1ビット前の前記録データによるNLTSを0%~30%まで変化させたときの5次高調波法によるNLTS測定結果を示す図であり、(B)は、(A)において、それぞれ1ビット前の前記録データによるNLTSを0%に固定したときの5次高調波法によるNLTS測定結果を示す図である。

【図12】(A)は、1ビット前の前記録データによるNLTSを0%~30%まで変化させたときの5次高調波法によるNLTS測定結果を示す図であり、(B)は、(A)において、それぞれ1ビット前の前記録データによるNLTSを0%に固定したときの5次高調波法によるNLTS測定結果を示す図である。

【図13】(A)は、1ビット前の前記録データによるNLTSを0%~30%まで変化させたときの5次高調

波法によるNLTS測定結果を示す図であり、(B)は、(A)において、それぞれ1ビット前の前記録データによるNLTSを0%に固定したときの5次高調波法によるNLTS測定結果を示す図である。

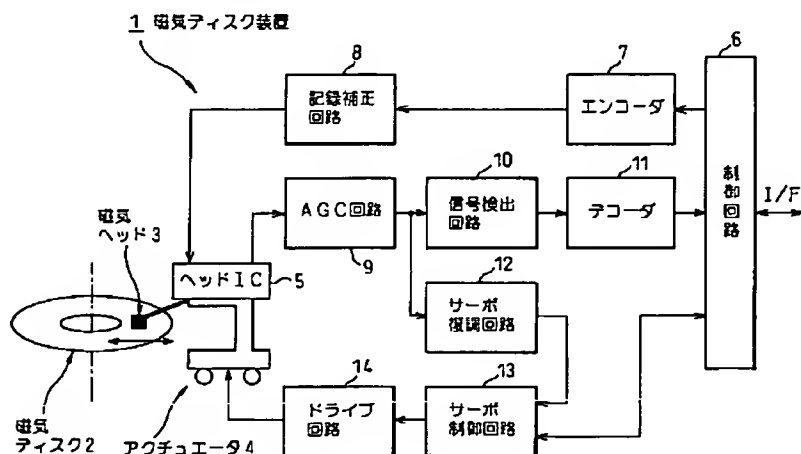
【図14】(A)は、1ビット前の前記録データによるNLTSを0%~30%まで変化させたときの5次高調波法によるNLTS測定結果を示す図であり、(B)は、(A)において、それぞれ1ビット前の前記録データによるNLTSを0%に固定したときの5次高調波法によるNLTS測定結果を示す図である。

【符号の説明】

- 1、100…磁気ディスク装置
- 2…磁気ディスク
- 3…磁気ヘッド
- 4…アクチュエータ
- 5…ヘッドIC
- 6、16…制御回路
- 7…エンコーダ
- 8、18…記録補正回路
- 9…AGC回路
- 10…信号検出回路
- 11…デコーダ
- 20…パターン発生回路
- 30…選択回路
- 31…シフトレジスタ

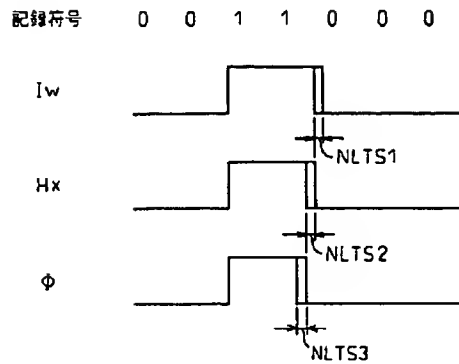
【図1】

本発明による磁気ディスク装置の第1実施形態のブロック構成図



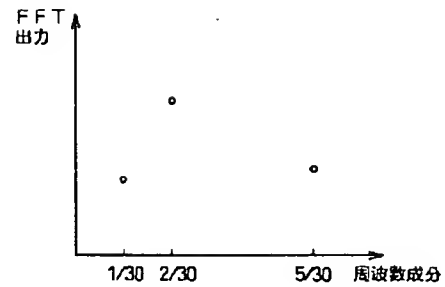
【図2】

図2 磁気記録時に生じるNLTSの説明図



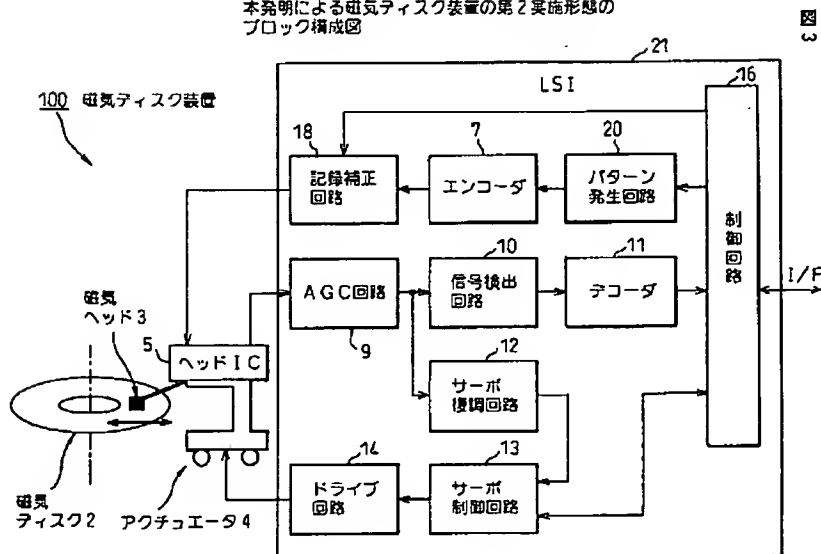
【図6】

図6

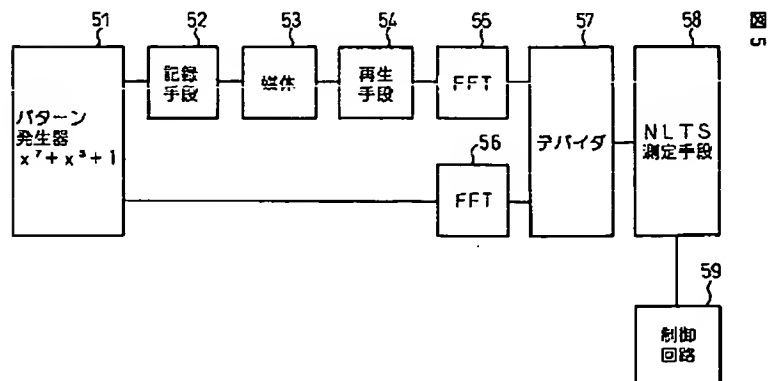


【図3】

本発明による磁気ディスク装置の第2実施形態のブロック構成図

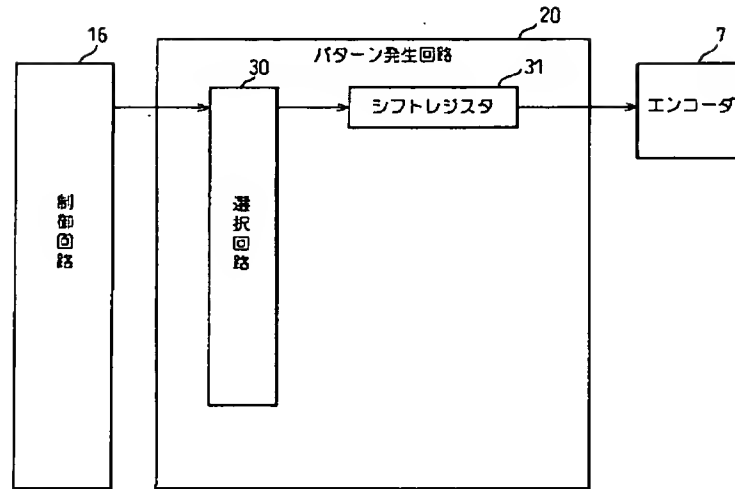


【図5】



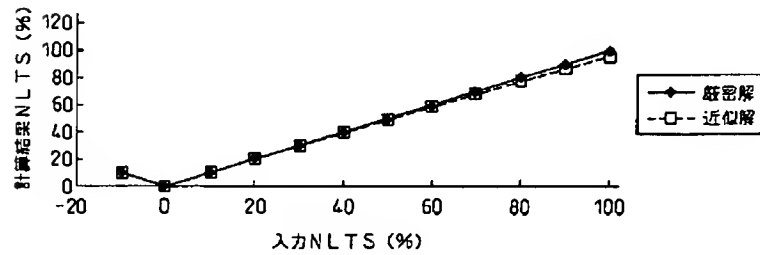
【図4】

図3の磁気ディスク装置に用いられる
パターン発生回路の一実施例のブロック構成図



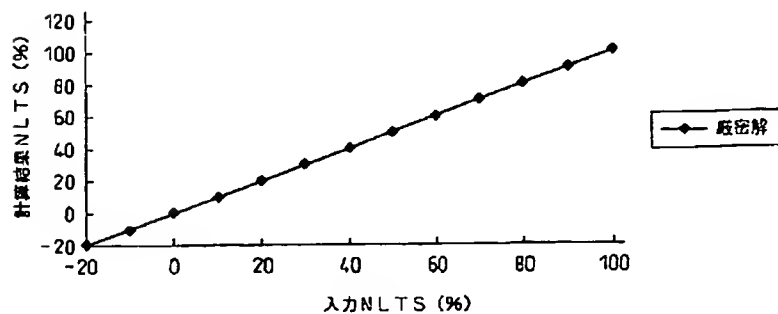
【図7】

Dibit NLTS (従来例)
5次高調波法Dibit NLTS計算結果比較 (線形モデル)



【図8】

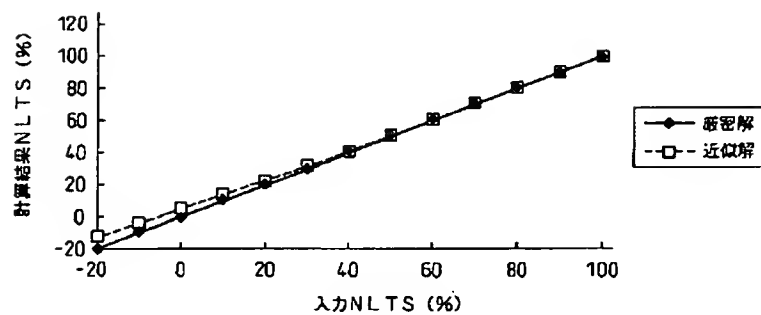
Tribit NLTS (本発明)
5次高調波法Tribit NLTS計算結果比較 (線形モデル)



【図9】

2TパターンNLTS（本発明）
5次高調波法2T NLTS計算結果比較（線形モデル）

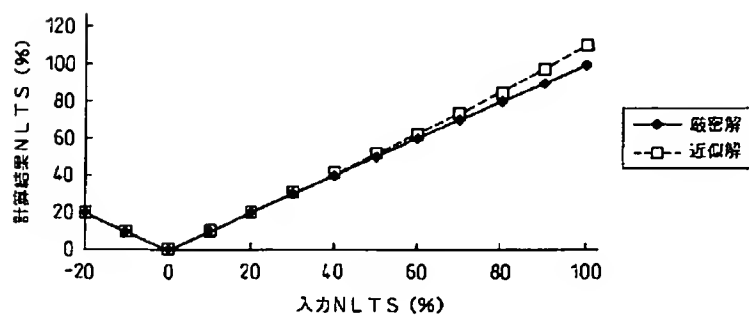
図9



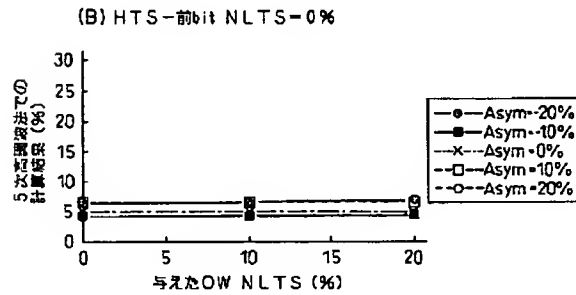
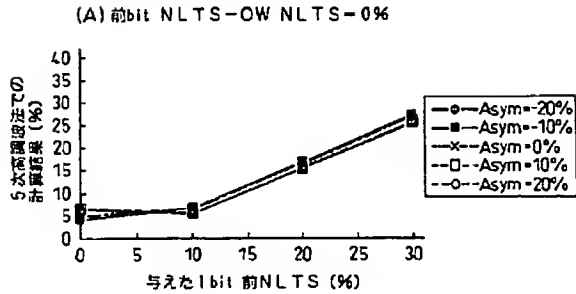
【図10】

HTS (O/W NLTS)（本発明）
5次高調波法O/W NLTS計算結果比較（線形モデル）

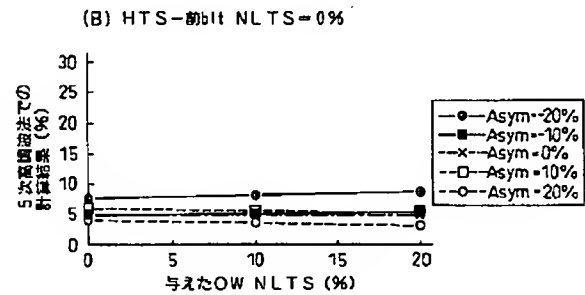
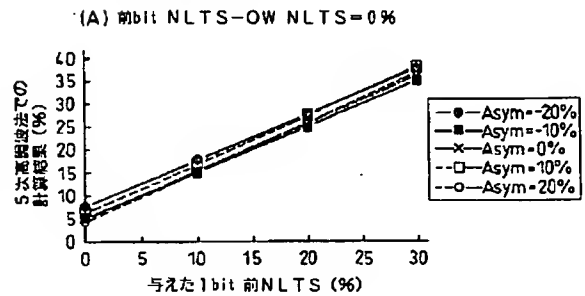
図10



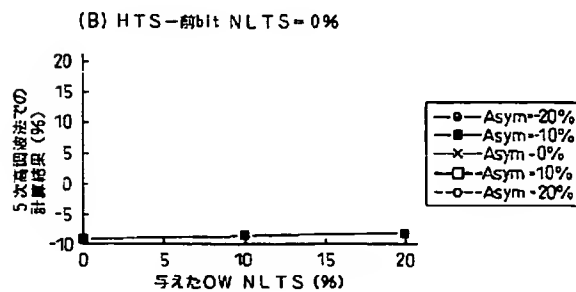
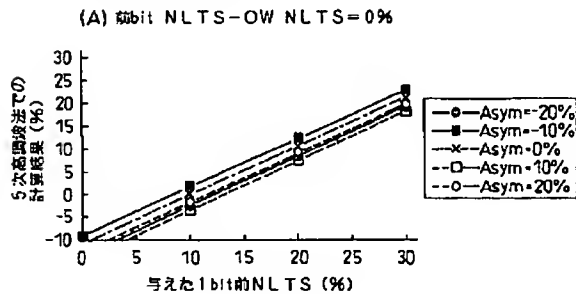
【図11】

図11 5次高調波法のシミュレーション結果
Dibit (Original) 両極性平均

【図12】

図12 5次高調波法のシミュレーション結果
Tribit両極性平均

【図13】

図13 5次高調波法のシミュレーション結果
2T (両極性)

【図14】

図14 5次高調波法のシミュレーション結果
OW NLTS単一極性
兼DCイレース方向毎のOW NLTS測定可能